

Pengembangan E-Modul Berbasis *Problem Based Learning* (PBL) Terintegrasi TPACK Pada Materi Usaha Dan Energi

Tasya Salsabila^{1*}, Pintor Simamora²

^{1,2}Universitas Negeri Medan, Indonesia

*bilatasya.510@gmail.com

Submit
7 April 2026

Review
12 Mei 2026

Publish
9 Juni 2026

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan e-modul fisika berbasis *Problem Based Learning* (PBL) terintegrasi TPACK pada materi usaha dan energi yang layak, praktis, dan efektif untuk peserta didik kelas XI SMA. Metode penelitian menggunakan model pengembangan 4-D (*Define, Design, Develop, Disseminate*) dengan subjek uji coba meliputi 10 peserta didik pada uji kelompok kecil dan 35 peserta didik pada uji kelompok besar. E-modul dikembangkan menggunakan aplikasi *Canva* dan didistribusikan melalui platform *Heyzine Flipbook*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul memperoleh validasi sangat layak dari ahli materi dengan persentase 96,6% dan layak dari ahli media dengan persentase 77,8%. Uji kepraktisan menunjukkan hasil sangat praktis dari guru fisika (96,6%), uji kelompok kecil (99%), dan uji kelompok besar (99,42%). Uji keefektifan menggunakan N-Gain ternormalisasi menunjukkan peningkatan hasil belajar sebesar 0,68 pada kategori sedang, dengan perubahan nilai rata-rata dari 52,86 pada *pre-test* menjadi 85 pada *post-test*. E-modul fisika berbasis PBL terintegrasi TPACK dinyatakan sangat layak, sangat praktis, dan efektif digunakan sebagai bahan ajar fisika di SMA, terbukti mampu meningkatkan pemahaman konsep dan hasil belajar peserta didik secara signifikan.

Kata Kunci: E-modul, *Problem Based Learning*, TPACK, Usaha Dan Energi

Abstract

This research aimed to develop a valid, practical, and effective physics e-module based on Problem Based Learning (PBL) integrated with TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) on work and energy material for grade XI high school students. The research employed a 4-D development model (Define, Design, Develop, Disseminate) with a total of 45 participants consisting of 10 students in the small group trial and 35 students in the large group trial. The e-module was developed using Canva application and distributed through the Heyzine Flipbook platform. Research results demonstrated that the e-module received very valid rating from content experts with a score of 96.6% and valid rating from media experts with a score of 77.8%. Practicality testing revealed very practical results from physics teachers (96.6%), small group trial (99%), and large group trial (99.42%). Effectiveness testing using normalized N-Gain showed a learning outcome improvement of 0.68 in the medium category, with a change in mean score from 52.86 on the pre-test to 85 on the post-test. The physics e-module based on PBL integrated with TPACK was declared very valid, very practical, and effective as a teaching material for high school physics. It proved capable of significantly improving students' conceptual understanding and learning outcomes.

Keywords: E-module, *Problem Based Learning*, TPACK, Work and Energy

PENDAHULUAN

Ilmu fisika berperan penting dalam memahami fenomena alam secara ilmiah melalui konsep gerak, gaya, energi, dan gelombang (Harefa, 2019). Materi usaha dan energi merupakan salah satu materi fundamental dalam fisika karena menjadi dasar untuk memahami berbagai konsep lanjutan serta fenomena yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Perkembangan teknologi modern juga tidak terlepas dari penerapan konsep-konsep fisika dalam berbagai aspek kehidupan manusia (Kua et al., 2021). Pembelajaran fisika perlu dirancang tidak hanya untuk

membantu siswa menguasai rumus, tetapi juga membangun pemahaman konseptual yang mendalam serta kemampuan menerapkan konsep dalam situasi nyata.

Pembelajaran abad ke-21 menuntut peserta didik memiliki kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan mampu memecahkan masalah secara efektif (Ridwan, 2024). Perkembangan teknologi informasi juga telah mengubah paradigma pendidikan sehingga integrasi teknologi menjadi bagian penting dalam proses pembelajaran (Siregar et al., 2024). Dalam konteks tersebut, guru dituntut tidak hanya menguasai materi ajar, tetapi juga mampu mengintegrasikan teknologi dan strategi pembelajaran yang sesuai agar tercipta pengalaman belajar yang aktif, bermakna, dan berpusat pada peserta didik. Namun demikian, praktik pembelajaran fisika di sekolah masih menunjukkan kesenjangan antara tuntutan pembelajaran abad ke-21 dengan kondisi pembelajaran yang berlangsung di kelas.

Kesenjangan tersebut tercermin dari rendahnya capaian literasi sains peserta didik Indonesia. Hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) tahun 2022 menunjukkan bahwa skor sains Indonesia hanya mencapai 383 poin, masih berada di bawah rata-rata OECD sebesar 447 poin (OECD, 2024). Hasil tersebut mengindikasikan bahwa kemampuan peserta didik dalam memahami konsep, menafsirkan fenomena ilmiah, dan menerapkan pengetahuan sains dalam kehidupan sehari-hari masih tergolong rendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses pembelajaran yang berlangsung belum sepenuhnya mampu mengembangkan pemahaman konseptual dan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang menjadi tuntutan pembelajaran modern.

Temuan tersebut diperkuat oleh hasil studi pendahuluan yang dilakukan di SMA Negeri 1 Batang Kuis sebagai bagian dari tahap *define* dalam model pengembangan 4-D. Hasil observasi menunjukkan bahwa pembelajaran fisika masih didominasi metode ceramah dan kegiatan mencatat dengan persentase sebesar 80%. Selain itu, sebanyak 48,6% siswa menyatakan mengalami kesulitan memahami konsep dasar fisika. Kurangnya penggunaan media pembelajaran interaktif serta minimnya penyajian contoh kontekstual menyebabkan fisika dipersepsikan sebagai mata pelajaran yang abstrak dan sulit dipahami. Akibatnya, siswa cenderung menghafal rumus tanpa memahami makna fisis yang mendasarinya.

Permasalahan tersebut tampak lebih nyata pada materi usaha dan energi. Materi ini memiliki karakteristik konsep yang abstrak sehingga membutuhkan visualisasi, simulasi, dan pengaitan dengan fenomena nyata agar lebih mudah dipahami siswa (Niyanti et al., 2022). Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam menghubungkan konsep usaha, energi kinetik, energi potensial, dan hukum kekekalan energi dengan peristiwa yang mereka temui dalam kehidupan sehari-hari. Padahal, pembelajaran yang melibatkan masalah nyata terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan berpikir peserta didik (Hamatun & Rusmalinda, 2025). Diperlukan suatu pendekatan pembelajaran yang mampu menghubungkan konsep fisika dengan konteks kehidupan nyata sekaligus mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran.

Selain aspek pembelajaran, hasil analisis kebutuhan juga menunjukkan adanya keterbatasan bahan ajar yang digunakan di sekolah. Siswa mengalami kesulitan memahami konsep dan menyelesaikan soal yang memerlukan penalaran mendalam karena bahan ajar yang tersedia masih berupa bahan ajar cetak yang bersifat statis, kurang interaktif, dan belum memanfaatkan teknologi digital secara optimal. Hasil angket menunjukkan bahwa 94,3% siswa tertarik belajar fisika melalui masalah kontekstual dan 77,1% siswa menyatakan lebih mudah memahami konsep abstrak melalui contoh nyata. Data tersebut menunjukkan adanya kebutuhan nyata terhadap bahan ajar digital yang interaktif, kontekstual, dan mampu memfasilitasi pembelajaran mandiri sesuai karakteristik peserta didik abad ke-21 (Lastri, 2023).

Salah satu alternatif yang dapat dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah e-modul. E-modul merupakan bahan ajar digital yang mengintegrasikan teks, gambar, audio, video, dan multimedia interaktif sehingga mampu mendukung pembelajaran mandiri peserta didik (Najuah et al., 2020). E-modul memiliki keunggulan berupa fleksibilitas akses, penyajian visual yang menarik, serta kemampuan menghadirkan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dibandingkan bahan ajar cetak (Prihatiningtyas & Sholihah, 2020). Selain itu, penggunaan e-modul dinilai sesuai dengan karakteristik generasi digital saat ini (Hutagalung & Ginting, 2025; Ramadhan et al., 2025).

Agar e-modul tidak hanya berfungsi sebagai media penyampaian informasi, diperlukan model pembelajaran yang mampu mendorong keterlibatan aktif peserta didik. Model *Problem Based Learning* (PBL) dipandang sesuai karena mengarahkan siswa untuk menyelesaikan permasalahan kontekstual sehingga dapat melatih kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan pemecahan masalah (Asmara & Septiana, 2024). Tahapan PBL meliputi orientasi masalah, penyelidikan, pengembangan hasil karya, dan refleksi pembelajaran (Ardianti et al., 2021). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan PBL mampu meningkatkan pemahaman konsep dan prestasi belajar fisika siswa (Ariawan, 2024; Sinensis et al., 2021).

Efektivitas pembelajaran berbasis PBL dapat diperkuat melalui penerapan kerangka *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK). TPACK merupakan integrasi pengetahuan teknologi, pedagogi, dan konten yang memungkinkan guru merancang pembelajaran yang relevan dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan peserta didik (Koehler et al., 2013). Penguasaan TPACK menjadi penting dalam menciptakan pembelajaran yang interaktif, bermakna, dan sesuai dengan karakteristik generasi digital (Silvester et al., 2024). Penerapan TPACK membantu guru mengembangkan bahan ajar yang lebih kontekstual, menarik, dan efektif dalam mendukung proses belajar (Hanik et al., 2022).

Penelitian sebelumnya telah mengembangkan e-modul berbasis PBL maupun bahan ajar yang mengintegrasikan TPACK serta menunjukkan hasil yang positif terhadap motivasi, keterlibatan, dan hasil belajar siswa (Nasution & Yerimadesi, 2025; Yerimadesi & Afendi, 2024). Namun, berdasarkan telaah literatur dan hasil analisis kebutuhan, masih ditemukan keterbatasan penelitian yang secara khusus mengembangkan e-modul fisika pada materi usaha dan energi dengan mengintegrasikan sintaks PBL dan komponen TPACK secara utuh dalam satu produk pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan peserta didik SMA. Dengan demikian, penelitian ini memiliki kebaruan pada pengembangan e-modul fisika berbasis *Problem Based Learning* (PBL) yang terintegrasi TPACK pada materi usaha dan energi melalui model pengembangan 4-D berdasarkan hasil analisis kebutuhan siswa dan kondisi pembelajaran di sekolah.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan e-modul fisika berbasis *Problem Based Learning* (PBL) terintegrasi TPACK pada materi usaha dan energi. Penelitian menggunakan model pengembangan 4-D yang terdiri atas *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate* (Thiagarajan et al., 1974). Pengembangan dilakukan untuk menghasilkan bahan ajar yang valid, praktis, dan mampu mendukung peningkatan pemahaman konsep peserta didik sesuai tuntutan Kurikulum Merdeka. Penelitian ini juga didasarkan pada taksonomi berpikir tingkat tinggi Anderson & Krathwohl (2001) yang menekankan pentingnya penguasaan konsep secara mendalam.

METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian dan pengembangan (*Research and Development/R&D*) yang bertujuan menghasilkan produk berupa e-modul berbasis *Problem Based Learning* (PBL) terintegrasi *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) pada materi Usaha dan Energi. Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 1 Batang Kuis pada tahun ajaran 2025/2026.

Populasi penelitian adalah seluruh peserta didik kelas XI MIPA SMA Negeri 1 Batang Kuis. Sampel penelitian ditentukan menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu pemilihan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu sesuai kebutuhan penelitian pengembangan. Kelas XI MIPA B dipilih sebagai sampel karena telah mempelajari prasyarat materi yang diperlukan serta memiliki karakteristik yang sesuai untuk uji coba produk. Kriteria inklusi dalam penelitian ini meliputi peserta didik yang terdaftar aktif pada kelas XI MIPA B, mengikuti seluruh rangkaian pembelajaran, serta bersedia menjadi responden penelitian. Adapun kriteria eksklusi meliputi peserta didik yang tidak mengikuti proses pembelajaran secara lengkap atau tidak mengerjakan instrumen penelitian yang diberikan.

Model pengembangan yang digunakan adalah model 4D yang terdiri atas tahap *Define*, *Design*, *Development*, dan *Dissemination*. Pada tahap *Define* dilakukan analisis kebutuhan melalui observasi, wawancara guru fisika, analisis karakteristik peserta didik, analisis kurikulum, serta analisis materi Usaha dan Energi. Tahap *Design* meliputi penyusunan rancangan e-modul, penyusunan instrumen penelitian, perancangan tampilan, serta penyusunan kegiatan

pembelajaran berbasis *Problem Based Learning*. Tahap *Development* dilakukan melalui pembuatan produk, validasi oleh ahli materi, ahli media, dan ahli pembelajaran, revisi produk, serta uji coba terbatas kepada peserta didik. Tahap *Dissemination* dilakukan melalui penyebaran produk yang telah memenuhi kriteria kelayakan kepada guru dan sekolah sebagai pengguna.

Karakteristik *Problem Based Learning* yang diintegrasikan dalam e-modul meliputi orientasi peserta didik pada masalah kontekstual, pengorganisasian peserta didik untuk belajar, penyelidikan individu maupun kelompok, pengembangan dan penyajian hasil karya, serta analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah. Integrasi TPACK diterapkan melalui keterpaduan aspek teknologi, pedagogi, dan konten. Aspek teknologi diwujudkan dalam penggunaan media digital berupa video, animasi, gambar interaktif, dan tautan pembelajaran; aspek pedagogi diwujudkan melalui penerapan sintaks PBL; sedangkan aspek konten diwujudkan dalam penyajian materi Usaha dan Energi yang disesuaikan dengan capaian pembelajaran dan karakteristik peserta didik.

Teknik pengumpulan data yang digunakan meliputi observasi, wawancara, angket, dan tes. Observasi dan wawancara digunakan untuk memperoleh data analisis kebutuhan pada tahap pendefinisian. Angket digunakan untuk memperoleh data validitas dan kepraktisan produk dari ahli, guru, dan peserta didik. Tes hasil belajar berupa pre-test dan post-test digunakan untuk mengukur keefektifan e-modul dalam meningkatkan pemahaman konsep peserta didik.

Instrumen penelitian terdiri atas lembar observasi, pedoman wawancara, lembar validasi ahli, angket respon guru dan peserta didik, serta soal tes hasil belajar. Data validitas dan kepraktisan dianalisis menggunakan teknik persentase, sedangkan data keefektifan dianalisis menggunakan skor N-Gain untuk mengetahui peningkatan hasil belajar peserta didik setelah menggunakan e-modul yang dikembangkan.

HASIL

Hasil penelitian ini berupa produk akhir pengembangan, yaitu e-modul pembelajaran fisika berbasis *Problem Based Learning* (PBL) terintegrasi *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) pada materi Usaha dan Energi untuk peserta didik kelas XI SMA. E-modul dikembangkan dalam format digital berbasis *flipbook* yang dapat diakses melalui laptop maupun *smartphone* sehingga mendukung pembelajaran fleksibel baik secara mandiri maupun di kelas.

Pada tahap *define* diperoleh informasi bahwa pembelajaran fisika masih didominasi metode ceramah sebesar 80%, penggunaan bahan ajar digital masih terbatas, dan sebanyak 48,6% peserta didik mengalami kesulitan memahami konsep fisika yang bersifat abstrak. Hasil analisis kebutuhan juga menunjukkan bahwa 94,3% peserta didik lebih tertarik pada pembelajaran yang diawali dengan permasalahan nyata dan 77,1% peserta didik lebih mudah memahami materi apabila disajikan melalui media visual dan contoh kontekstual. Temuan ini menjadi dasar dalam pengembangan e-modul berbasis PBL yang terintegrasi dengan teknologi digital.

Pada tahap *design* disusun rancangan e-modul yang terdiri atas *cover*, petunjuk penggunaan, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, peta konsep, materi, kegiatan pembelajaran, latihan soal, evaluasi, dan daftar pustaka. Integrasi model PBL diwujudkan melalui lima sintaks utama, yaitu orientasi peserta didik pada masalah, pengorganisasian peserta didik untuk belajar, penyelidikan individu atau kelompok, penyajian hasil karya, serta analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah. Setiap kegiatan pembelajaran diawali dengan permasalahan kontekstual yang berkaitan dengan fenomena usaha dan energi dalam kehidupan sehari-hari.

Tabel 1. Hasil Validasi dan Uji Produk E-Modul

Aspek penilaian	Presentase	Kategori
Validasi materi	96,6%	Sangat Layak
Validasi media	77,8%	Layak
Kepraktisan guru	96,6%	Sangat Praktis
Uji kelompok kecil	99%	Sangat Praktis
Uji kelompok besar	99,4%	Sangat Praktis
Aspek penilaian	Presentase	Kategori
Validasi materi	96,6%	Sangat Layak

Integrasi TPACK diwujudkan melalui keterpaduan aspek teknologi, pedagogi, dan konten. Aspek teknologi (*Technological Knowledge*) diterapkan melalui penggunaan video pembelajaran,

animasi, gambar interaktif, tautan sumber belajar, dan fitur navigasi digital. Aspek pedagogi (*Pedagogical Knowledge*) diwujudkan melalui penerapan sintaks *Problem Based Learning* yang berpusat pada peserta didik. Sementara itu, aspek konten (*Content Knowledge*) diwujudkan melalui penyajian materi usaha, energi kinetik, energi potensial, dan hukum kekekalan energi yang disesuaikan dengan capaian pembelajaran fase F Kurikulum Merdeka. Pada tahap *develop* dilakukan validasi ahli, revisi produk, serta uji coba kepada guru dan peserta didik. Hasil validasi dan uji produk disajikan pada Tabel 1.

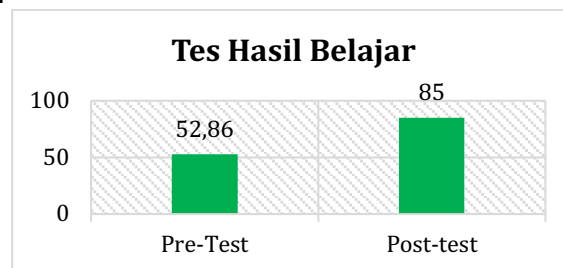
Hasil validasi materi sebesar 96,6% menunjukkan bahwa isi materi, kesesuaian dengan kurikulum, serta integrasi sintaks PBL dalam e-modul telah memenuhi kriteria sangat layak. Validasi media memperoleh persentase 77,8% dengan kategori layak, sehingga dilakukan penyempurnaan pada aspek tampilan, tata letak, dan navigasi sebelum uji coba lapangan. Respons guru dan peserta didik menunjukkan kategori sangat praktis, yang mengindikasikan bahwa e-modul mudah digunakan, menarik, dan membantu proses pembelajaran.

Uji keefektifan dilakukan melalui pemberian *pre-test* dan *post-test* untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep peserta didik.

Tabel 2. Hasil Validasi dan Uji Produk E-Modul

Tes	Rata-rata	N-Gain	Kategori
<i>Pre-test</i>	52,86	0,68	Sedang
<i>Post-test</i>	85		

Nilai rata-rata peserta didik meningkat dari 52,86 pada *pre-test* menjadi 85,00 pada *post-test* dengan nilai N-Gain sebesar 0,68 yang termasuk kategori sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan e-modul mampu meningkatkan pemahaman konsep peserta didik pada materi Usaha dan Energi.



Gambar 1. Diagram Tes Hasil Belajar

PEMBAHASAN

Hasil validasi menunjukkan bahwa e-modul berbasis *Problem Based Learning* (PBL) terintegrasi TPACK yang dikembangkan memenuhi kriteria layak untuk digunakan dalam pembelajaran fisika. Persentase validasi materi yang sangat tinggi menunjukkan bahwa isi materi, penyajian konsep, karakteristik PBL, serta integrasi TPACK telah sesuai dengan kebutuhan pembelajaran fisika pada materi usaha dan energi. Menurut Wira et al. (2021), bahan ajar berbasis teknologi yang telah melalui proses validasi oleh ahli materi dan ahli media mampu meningkatkan kualitas penyajian konten sekaligus mendukung ketercapaian tujuan pembelajaran secara lebih optimal. Hasil ini menunjukkan bahwa proses pengembangan yang dilakukan telah menghasilkan produk yang sesuai dengan standar akademik dan kebutuhan peserta didik.

Kepraktisan e-modul yang berada pada kategori sangat praktis menunjukkan bahwa produk mudah digunakan oleh guru maupun peserta didik. Tingginya tingkat kepraktisan diduga dipengaruhi oleh desain e-modul yang sederhana, navigasi yang mudah dipahami, serta penyajian materi yang sistematis. Selain itu, penggunaan media digital berupa gambar, video, dan animasi menjadikan proses belajar lebih menarik sehingga meningkatkan motivasi peserta didik untuk mempelajari materi secara mandiri. Temuan ini sejalan dengan Mahayana et al. (2025) yang menyatakan bahwa bahan ajar elektronik yang dirancang dengan memperhatikan aspek kemudahan penggunaan dan kemenarikan visual akan lebih mudah diterima sebagai sumber belajar yang efektif dan efisien.

Penerapan sintaks *Problem Based Learning* dalam e-modul juga memberikan kontribusi terhadap tingginya tingkat kepraktisan. Permasalahan kontekstual yang disajikan pada awal pembelajaran mendorong peserta didik untuk terlibat aktif dalam proses pembelajaran. Kegiatan penyelidikan, diskusi, dan refleksi yang terdapat dalam e-modul membantu peserta didik

membangun pemahaman konsep secara mandiri melalui proses pemecahan masalah. Kondisi tersebut sesuai dengan pandangan bahwa PBL mampu menciptakan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik dan meningkatkan keterlibatan mereka dalam proses belajar (Sari et al., 2023).

Hasil uji keefektifan menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar peserta didik setelah menggunakan e-modul, yang ditunjukkan oleh peningkatan nilai rata-rata *pre-test* dan *post-test* serta nilai N-Gain sebesar 0,68 dengan kategori sedang. Peningkatan ini menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan mampu membantu peserta didik memahami konsep usaha dan energi secara lebih baik dibandingkan sebelum pembelajaran dilaksanakan. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Sari et al. (2023) yang menyatakan bahwa penggunaan bahan ajar berbasis *Problem Based Learning* dapat meningkatkan hasil belajar fisika karena peserta didik memperoleh kesempatan untuk mengonstruksi pengetahuan melalui aktivitas pemecahan masalah.

Peningkatan pemahaman konsep juga dipengaruhi oleh integrasi TPACK dalam e-modul. Penyajian materi melalui kombinasi teknologi, strategi pembelajaran, dan konten yang sesuai memungkinkan peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang lebih bermakna. Video pembelajaran, ilustrasi, animasi, dan fitur interaktif yang terdapat dalam e-modul membantu memvisualisasikan konsep-konsep usaha dan energi yang bersifat abstrak sehingga lebih mudah dipahami oleh peserta didik. Temuan ini mendukung hasil penelitian Fitriyawany (2025) yang menyatakan bahwa bahan ajar yang mengintegrasikan TPACK mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik dan memperdalam pemahaman konsep dibandingkan penggunaan bahan ajar konvensional.

Berdasarkan hasil pengamatan selama proses uji coba, peserta didik menunjukkan keterlibatan yang lebih aktif dalam kegiatan pembelajaran. Peserta didik lebih sering mengajukan pertanyaan, berdiskusi dengan teman sekelompok, serta mampu mengaitkan konsep usaha dan energi dengan fenomena yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Kondisi ini menunjukkan bahwa integrasi PBL dan TPACK tidak hanya mendukung peningkatan hasil belajar secara kuantitatif, tetapi juga membantu menciptakan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan bermakna. Melalui pemanfaatan teknologi yang dipadukan dengan pendekatan pembelajaran berbasis masalah, peserta didik memperoleh kesempatan untuk membangun pemahaman konsep secara lebih mendalam.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa e-modul pembelajaran fisika berbasis *Problem Based Learning* (PBL) terintegrasi TPACK pada materi usaha dan energi dinyatakan layak, praktis, dan efektif digunakan dalam pembelajaran. Kelayakan ditunjukkan oleh hasil validasi ahli dengan kategori sangat layak, kepraktisan terlihat dari respons positif guru dan peserta didik, serta keefektifan dibuktikan melalui peningkatan hasil belajar dengan nilai N-Gain kategori sedang. E-modul ini mampu membantu peserta didik memahami konsep secara lebih mendalam dan kontekstual.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan, yaitu uji coba produk hanya dilakukan pada satu kelas di satu sekolah sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan secara luas. Selain itu, pengukuran keefektifan e-modul hanya difokuskan pada hasil belajar kognitif peserta didik dan belum mengkaji pengaruhnya terhadap keterampilan berpikir kritis, kemampuan pemecahan masalah, maupun aspek afektif peserta didik. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan sampel yang lebih luas serta menguji efektivitas e-modul terhadap berbagai aspek kompetensi peserta didik.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan e-modul berbasis *Problem Based Learning* (PBL) terintegrasi TPACK pada materi fisika lainnya sehingga pemanfaatannya dapat menjangkau cakupan materi yang lebih luas. Selain itu, kualitas desain visual, fitur interaktif, dan media pendukung dalam e-modul dapat terus ditingkatkan agar pengalaman belajar peserta didik menjadi lebih menarik dan bermakna. Penelitian berikutnya juga disarankan melibatkan sampel yang lebih besar dan beragam serta menerapkan desain eksperimen dengan kelompok pembanding untuk memperoleh bukti efektivitas yang lebih kuat. Di samping itu, kajian lebih lanjut dapat difokuskan pada pengaruh e-modul terhadap keterampilan berpikir kritis,

kemampuan pemecahan masalah, literasi sains, dan motivasi belajar peserta didik sehingga diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai dampak penggunaan e-modul dalam pembelajaran fisika.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penyusunan karya tulis ini. Secara khusus, terima kasih disampaikan kepada kedua orang tua penulis, dosen pembimbing, tim ahli materi dan media pembelajaran, kepala sekolah serta guru penanggung jawab lapangan di SMA Negeri 1 Baang Kuis, serta siswa kelas XI MIPA B yang telah berpartisipasi secara aktif. Apresiasi juga diberikan atas dedikasi, kreativitas, dan kerja keras yang telah dicurahkan dalam pengembangan materi ini. Kontribusi tersebut memiliki peran yang sangat penting dalam menghadirkan pengalaman pembelajaran yang inovatif dan menarik bagi peserta didik. Penulis berharap materi ajar yang disusun dapat mendukung peningkatan kemampuan menulis serta keterampilan berpikir kritis siswa, sekaligus memberikan dampak positif dalam proses pembelajaran di kelas. Penulis sangat menghargai setiap upaya yang telah dilakukan dan berharap kerja sama yang telah terjalin dapat terus berlanjut guna mendukung kemajuan pendidikan di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing : a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives : complete edition* (A. W. Longman (ed.)).
- Ardianti, R., Sujarwanto, E., & Surahman, E. (2021). Problem-based Learning : Apa dan Bagaimana. *DIFRACTION: Journal for Physics Education and Applied Physics*, 3(1), 27–35. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.37058>
- Ariawan, I. K. E. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) terhadap Kemampuan Berpikir Kritis IPAS di Sekolah Dasar. *Journal of Comprehensive Science (JCS)*, 3(11), 5191–5202. <https://doi.org/10.59188/jcs.v3i11.2890>.
- Asmara, A., & Septiana, M. P. A. (2024). *Model pembelajaran berkonteks masalah*. Cv. Azka Pustaka.
- Fitriyaway. (2025). Uji Kepraktisan Pengembangan Bahan Ajar Fisika Berbentuk E-Modul berbasis TPACK dan PhET Simulation dalam Meningkatkan Literasi Digital Siswa SMA / MA di Kota Banda Aceh. *Journal Education and Social Science*, 03(01), 31–40. <https://doi.org/https://doi.org/10.69548/d-jess.v3i1.42>
- Hamatun, & Rusmalinda, R. (2025). Efektivitas Penggunaan LKS Berbasis Problem Based Learning dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA pada Materi Usaha dan Energi Hamatun1*,. *Al-Ikmal: Jurnal Pendidikan*, 4(1), 30–37. <https://doi.org/10.47902/al-ikmal.v4i1.395>
- Hanik, E. U., Puspitasari, D., Safitri, E., Firdaus, H. R., Maurin Pratiwi, & Reza Nidaul Innayah. (2022). Integrasi Pendekatan TPACK (Technological, Pedagogical, Content Knowledge) Guru Sekolah Dasar SIKL dalam Melaksanakan Pembelajaran Era Digital. *JEID: Journal of Educational Integration and Development*, 2(1), 15–27. <https://doi.org/https://doi.org/10.55868/jeid.v2i1.97>
- Harefa, A. R. (2019). Peran ilmu fisika dalam kehidupan sehari-hari. *Warta Dharmawangsa*, 13(2).
- Hutagalung, N. Y., & Ginting, E. M. (2025). E-MODUL INTERAKTIF FISIKA DENGAN HEYZINE FLIPBOOK: PENGEMBANGAN DAN EVALUASI. *Al-Irsyad: Journal of Education Science*, 4(1), 37–48. <https://doi.org/https://doi.org/10.69548/d-jess.v3i1.42>
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Journal of Education*, 193(3), 13–19.
- Kua, M. Y., Maing, C. M. M., Tabun, Y. F., Jibril, A., Setiawan, Sukiastini, I. G. A. N. K., Heriyanto, L., ISuparmi, N. iWayan, Rismaningsih, F., & Dolo, F. X. (2021). *Teori dan Aplikasi Fisika Dasar*. Yayasan Penerbit Muhammad Zaini.
- Lastri, Y. (2023). PENGEMBANGAN DAN PEMANFAATAN BAHAN AJAR E-MODUL DALAM PROSES PEMBELAJARAN. *Jurnal Citra Pendidikan*, 3(3), 1139–1146. <https://doi.org/https://doi.org/10.38048/jcp.v3i3.1914>
- Mahayana, P. A., Yeni, & Pramesti, P. D. M. Y. (2025). Pengembangan E-Modul Interaktif sebagai Bahan Ajar dalam Pembelajaran Bahasa Jepang di SMA Negeri 4 Singaraja. *PUSTAKA*, 25(2),

325–335.

- Najuah, Lukitoyo, P. S., & Wirianti, W. (2020). *Modul Elektronik: Prosedur Penyusunan dan Aplikasinya*. Yayasan Kita Menulis.
- Nasution, D. I., & Yerimadesi. (2025). Pengembangan E-modul Ikatan Kimia Berbasis Problem Based Learning Terintegrasi TPACK untuk Fase F. *Journal of Classroom Action Research*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.29303/jcar.v7i1.10326>
- Niyanti, P. E., Setyaningrum, F. P., Rachman, G. W., & Wandita, F. (2022). Implementasi Pembelajaran Fisika Topik Usaha dan Energi Berdasarkan Publikasi Ilmiah. *Mitra Pilar: Jurnal Pendidikan, Inovasi, Dan Terapan Teknologi*, 1(2), 99–118. <https://doi.org/doi.org/10.58797/pilar>
- OECD. (2024). *PISA 2022 Technical Report*. OECD Publishing.
- Prihatiningtyas, S., & Sholihah, F. N. (2020). *Physics Learning by E-Module*. LPPM Universitas KH. A. Wahab Hasbullah. <https://books.google.co.id/books?id=hxY7EAAAQBAJ>
- Ramadhan, P. H., Nurlaela, A., & Sholehah, D. (2025). E-modul Berbasis Website Berbantuan Powerpoint untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Materi Gelombang Bunyi. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 13(Special_issue), 198–210. https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.89239
- Ridwan, W. (2024). *INOVASI DALAM STRATEGI BELAJAR MENGAJAR ABAD 21*. Penerbit Tahta Media. <https://tahtamedia.co.id/index.php/issj/article/view/1105>
- Sari, W. P., Sundari, P. D., Dewi, W. S., Fisika, D., Matematika, F., & Alam, P. (2023). *Systematic Literature Review : Efektifitas Peningkatan Hasil Belajar Fisika melalui Model Pembelajaran Problem-based Learning*. 7(2), 16827–16837.
- Silvester, Sumarni, M. L., & Saputro, T. V. D. (2024). Pengaruh Kompetensi Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) terhadap Keterampilan Guru dalam Mengimplemtasikan Pembelajaran Berbasis Digital. *Journal of Education Research*, 5(4), 4958–4965. <https://doi.org/https://doi.org/10.37985/jer.v5i4.1697>
- Sinensis, A. R., Firdaus, T., Hardila, T., Nopitasari, N., & Saiputri, N. (2021). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning untuk Menganalisis Keterampilan Pemecahan Masalah Siswa SMP pada Materi Cahaya. *Physics Education Research Journal*, 3(1), 19–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.21580/perj.2021.3.1.6662>
- Siregar, A., Nurhaliza, S., Fajri, F., Sirait, T. A. F., Harahap, H., Wahyuni, S. H., Lubis, I. S., Lubis, Z., Lubis, P., Maslan, D., Fadli, M., Syahputra, & Handayani, D. I. (2024). *Menjadi Guru Profesional di Era Digitalisasi*. umsu press. <https://books.google.co.id/books?id=HLf4EAAAQBAJ>
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*. ERIC.
- Wira, A., Padang, A. T., & Barat, S. (2021). Validitas dan efektivitas media pembelajaran berbasis android mata pelajaran komputer dan jaringan dasar. *Journal of Education Informatic Technology and Science (JeITS)*, 3(1), 1–10.
- Yerimadesi, & Afendi, S. (2024). Pengembangan modul laju reaksi berbasis problem based learning terintegrasi TPACK untuk fase F. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(1), 426–432. <https://doi.org/https://doi.org/10.29303/jipp.v9i1.2056>